

Requisiti e architettura per la Missione SWIFT

Versione: 1.0
Data: 02/05/2018

Indice

1	INTRODUZIONE	5
1.1	SCOPO	7
1.2	STRUTTURA DEL DOCUMENTO	5
1.3	DOCUMENTI APPLICABILI E DI RIFERIMENTO	8
1.3.1	<i>Documenti applicabili</i>	8
1.3.2	<i>Documenti di riferimento</i>	8
1.4	ACRONIMI	6
2	MISSIONE SWIFT	7
2.1	PANORAMICA	7
2.2	IL RUOLO DI SSDC PER LA MISSIONE SWIFT	7
2.3	I SOTTOSISTEMI SSDC PER LA MISSIONE SWIFT	8
3	REQUISITI	9
3.1	NOMENCLATURA E TIPOLOGIA DEI REQUISITI	9
3.2	REQUISITI DI SISTEMA	10
3.3	REQUISITI DEL SW APPLICATIVO	11
3.3.1	<i>Il software scientifico XRTDAS</i>	11
3.3.2	<i>Software per la creazione del catalogo di serendipite</i>	18
4	DISEGNO ARCHITETTURALE	20
4.1	SCHEMA LOGICO	20
4.2	ACQUISIZIONE E ARCHIVIAZIONE DATI	21
4.3	SOFTWARE SCIENTIFICO XRTDAS	22
4.3.1	<i>Fase 1 – Processamento del file di eventi</i>	23
4.3.2	<i>Fase 2 – Screening dei dati e generazione del file GTI</i>	25
4.3.3	<i>Fase 3 – Estrazione dei prodotti standard</i>	25
4.4	SOFTWARE PER LA CREAZIONE DEL CATALOGO DI SERENDIPITE	26

Indice delle figure

Figura 4-1: SWIFT - Schema logico	20
Figura 4-2: Diagramma di flusso del processamento dati del telescopio XRT	23
Figura 4-3: Diagramma di flusso del processo per la creazione del catalogo di serendipite	27

Indice delle tabelle

Tabella 1-1: Registro delle Edizioni e delle Revisioni	3
Tabella 1-2: Distribuzione del documento	3
Tabella 3-1: SWIFT - Lista delle possibili aree funzionali	9
Tabella 3-2: SWIFT - Lista delle possibili classi dei requisiti	9

1 Introduzione

1.1 *Struttura del Documento*

Il presente documento e' strutturato come segue:

- Il **Capitolo 1** fornisce un'overview dell'intero documento, riportando informazioni riguardo la struttura del documento, la lista degli acronimi e dei termini usati.
- Il **Capitolo 2** fornisce una descrizione generale della missione SWIFT e riporta le funzioni e il contesto del sistema SWIFT e dei suoi sottosistemi nell'ambito di SSDC.
- Il **Capitolo 3** fornisce le specifiche di progetto e di sviluppo dei componenti software relativi al Progetto SWIFT in SSDC.
- Il **Capitolo 4** fornisce l'architettura ad alto livello del software applicativo relativo al Progetto SWIFT in SSDC e descrive le funzioni dei task del software sviluppato e implementato.

1.2 Acronimi

Questo paragrafo contiene la lista degli acronimi utilizzati nel documento.

ARF	Ancillary Response File
ASDC	ASI Science Data Center
ASI	Agenzia Spaziale Italiana
ATG	Allegato Tecnico Gestionale
BAT	Burst Alert Telescope
CCD	Charge Coupled Device
CGA	Capitolato Generale ASI
DA	Documento Applicabile
DB	Data Base
DEL	'Deliverable' (documento da consegnare)
DR	Documento di Riferimento
FITS	Flexible Image Transport System
GRB	Gamma-Ray Burst
GSFC	Goddard Space Flight Center
GTI	Good Time Intervals
HEASARC	High Energy Astrophysics Science Archive Research Center
HEASoft	sw per l'elaborazione dei dati
HK	Housekeeping data
HW	Hardware
I/O	Input/Output
ISAC	Italian Swift Archive Center
MOC	Mission Operation Center
OAB	Osservatorio Astronomico di Brera (Brera Observatory)
OGIP	Office of the Guest Investigator Programs
Par.	Paragrafo
PHA	Pulse Height Amplitude
PI	Pulse Invariant
PSF	Point Spread Function
QE	Redistribution Matrix File
RT	Request Tracker
SDC	Swift Data Center
SIS-OS	Supporto Informatico Specialistico – Operativo Scientifico
SIS-SM	Supporto Informatico Sistemistico – System Management
SSC	Swift Science Center
SSDC	Space Science Data Center
SW	Software
TPZ	Telespazio
UVOT	UltraViolet/Optical Telescope
XRT	X-Ray Telescope
XRTDAS	XRT Data Analysis Software

2 Missione SWIFT

2.1 Panoramica

La missione Swift è una missione internazionale a leadership NASA selezionata nell'ambito del programma MIDEX (Medium-class Explorers) con lo scopo di studiare i gamma-ray burst in diverse bande dello spettro elettromagnetico per scoprirne l'origine ed i meccanismi fisici che sono alla base del fenomeno.

Il satellite lanciato a novembre 2004, ha a bordo tre strumenti: il Burst Alert Telescope (BAT) per rivelare e localizzare velocemente i gamma-ray bursts, l'X-Ray Telescope (XRT) e l'UltraViolet/Optical Telescope (UVOT) che vengono automaticamente puntati verso il burst entro poche decine di secondi dall'evento per studiare in grande dettaglio l'emissione di radiazione elettromagnetica che segue l'esplosione.

La missione è realizzata dalla NASA, con contributi importanti da parte di Italia e Gran Bretagna. L'Italia oltre alla fornitura degli specchi dell'X-Ray Telescope fornisce una parte rilevante del segmento di terra. Swift è stata la prima missione di astrofisica i cui i dati sono analizzati, validati e messi a disposizione dell'intera comunità mondiale in un tempo brevissimo (da pochi secondi a poche ore) dal momento dell'acquisizione.

Parte integrante del segmento di terra della missione è il centro dati italiano dedicato a Swift, chiamato ISAC (Italian Swift Archive Center), realizzato tramite una collaborazione tra SSDC e l'Osservatorio Astronomico di Brera (AOB).

2.2 Il ruolo di SSDC per la missione SWIFT

I compiti assegnati a SSDC sono i compiti dell'ISAC previsti negli accordi stipulati da ASI (si veda il MoU stipulato tra ASI e NASA per la cooperazione su Swift), e consistono in:

- Progettare, sviluppare e aggiornare il pacchetto software XRTDAS (XRT Data Analysis Software) per la riduzione dati per lo strumento XRT
- Ospitare e mantenere una copia dell'archivio scientifico dei dati di tutti gli strumenti di Swift all'interno dell'archivio interattivo multi-missione e di renderlo accessibile alla comunità scientifica tramite web
- Supportare la comunità scientifica nell'analisi interattiva dei dati
- Controllare la qualità tecnica e scientifica dei dati
- Partecipare all'analisi scientifica dei dati
- Supportare il Swift Guest Investigator Program
- Partecipare al programma di analisi dei dati di Swift e di coordinamento delle osservazioni di altri osservatori, a seguito di ciascun gamma ray burst rivelato.
- Sviluppare e gestire il software di processamento per la produzione del catalogo delle sorgenti serendipite nelle immagini XRT.

Le attività contrattuali per la missione SWIFT sono:

- Progettazione, sviluppo e test del software di riduzione dei dati dello strumento XRT (pacchetto XRTDAS, XRT Data Analysis Software)
- Gestione del sistema di acquisizione, archiviazione e distribuzione dei dati scientifici di missione
- Supporto alla gestione del sistema di processamento dei dati XRT per le sorgenti serendipite
- Manutenzione evolutiva ed aggiornamento del software per l'accesso ai dati, per l'analisi scientifica (tool scientifici) e per la gestione dei cataloghi

2.3 I sottosistemi SSDC per la missione SWIFT

I sottosistemi dell'infrastruttura informatica di SSDC dedicati alla missione Swift sono:

- I sottosistemi per l'acquisizione e archiviazione dei dati di Swift;
- Il sottosistema per il software scientifico XRTDAS per l'Analisi Dati dello strumento XRT;
- Il sottosistema di processamento (analisi utente) dei dati di XRT per le sorgenti Serendipite.

Per una descrizione dell'architettura dei sottosistemi elencati si fa riferimento al Paragrafo 4 .

3 Requisiti

3.1 Nomenclatura e tipologia dei requisiti

Per esigenze di tracciabilità, a ogni requisito è associato univocamente un identificativo rappresentato secondo la seguente notazione:

<progetto>-<funzione>-<tipo>-<progressivo>

Dove:

- **<progetto>**:= "SWIFT"
- **<funzione>**:= componente funzionale del sistema SWIFT, come definito nella Tabella 3-1: SWIFT - Lista delle possibili aree funzionali
-
- **<tipo>**:= classe o tipologia del requisito secondo lo schema presentato nella Tabella 3-2
- **<progressivo>**:= numero intero compreso nell'intervallo (0000-9999)

Funzione	Elemento funzionale
SYS	Sistema
XRTDAS	Software scientifico XRTDAS
XRTSER	Software per la creazione del catalogo di serendipite

Tabella 3-1: SWIFT - Lista delle possibili aree funzionali

Tipo	Classe del requisito
FUN	funzionale
PRF	performance
INT	interfaccia
OPR	operazionale
RSC	risorse (resource)
SEC	sicurezza (security)
RAM	Mantenibilità, disponibilità, affidabilità (reliability, availability, maintainability)

Tabella 3-2: SWIFT - Lista delle possibili classi dei requisiti

3.2 Requisiti di sistema

SWIFT-SYS-RSC-0001

Risorse HW

Il software applicativo sviluppato per il Progetto Swift deve essere installato e operativo su una piattaforma HW progettata, configurata e operativa presso SSDC.

SWIFT-SYS-INT-0001

Accesso locale

Deve essere possibile un accesso locale interattivo al software applicativo sviluppato per il Progetto Swift, permesso solo agli utenti accreditati.

SWIFT-SYS-FUN-0001

Archiviazione dei dati

Deve essere possibile archiviare, in modo permanente, i dati processati, output del software applicativo sviluppato per il Progetto Swift.

SWIFT-SYS-INT-0002

Integrazione nell'infrastruttura informatica SSDC

Il sottosistema (HW e SW) dedicato al software applicativo sviluppato per il Progetto Swift, deve essere integrato ai sottosistemi esistenti dell'infrastruttura informatica di SSDC.

SWIFT-SYS-SEC-0001

Back-up e ripristino

SSDC deve garantire il back-up e ripristino dei Sistemi dedicati al Progetto Swift.

SWIFT-SYS-RAM-0001

Reliability, Availability

Il Sistema dedicato a Swift deve avere la capacità di risposta a problemi imprevisti (reliability, availability)

SWIFT-SYS-RAM-0002

Gestione

SSDC deve gestire l'intera infrastruttura informatica dedicata al Progetto Swift, garantendo il corretto funzionamento dei sistemi.

SWIFT-SYS-RAM-0003

Mantenimento

SSDC deve poter garantire il controllo di configurazione del SW sviluppato per il Progetto Swift.

3.3 Requisiti del SW applicativo

Nelle seguenti sezioni si riportano i requisiti specifici del software applicativo progettato, sviluppato e implementato in SSDC per il Progetto Swift, in base alle funzioni assegnate al centro dati ASI, nel contesto dell'intera architettura del segmento di terra della missione Swift.

3.3.1 Il software scientifico XRTDAS

SWIFT-XRTDAS-FUN-0001

SSDC

SSDC è responsabile dello sviluppo, implementazione e gestione del pacchetto software (XRTDAS) per la riduzione dei dati scientifici dell'X-Ray Telescope (XRT), il telescopio a bordo del satellite Swift.

SWIFT-XRTDAS-FUN-0002

XRTDAS – Scopo

Il software XRTDAS deve generare prodotti scientifici di alto livello dai dati di telemetria in formato FITS.

SWIFT-XRTDAS-INT-0001

I/F - SDC

Il software XRTDAS deve essere inviato allo Swift Data Center (NASA-GSFC) e integrato nella pipeline ufficiale di processamento dei dati dell'XRT.

SWIFT-XRTDAS-INT-0002

I/F - HEASoft / integrazione

Il software XRTDAS deve essere integrato nel pacchetto SW HEASoft, distribuito alla comunità scientifica per l'elaborazione dei dati di astronomia ad alte energie.

SWIFT-XRTDAS-INT-0003

I/F - HEASoft / compatibilità

Il software XRTDAS deve essere totalmente compatibile con il pacchetto SW HEASoft. A tal fine, i moduli SW devono essere scritti nello stile di FTOOLS o XANADU e lo script "Makefile" deve essere definito come nel pacchetto SW HEASoft.

SWIFT-XRTDAS-INT-0004

I/F - Parametri

L'interfaccia dei parametri deve essere implementata con la libreria PIL (Parameter Interface Library). L'interfaccia per i dati di input/output (FITS data file) deve far uso della libreria FITSIO. Entrambe le librerie sono distribuite con il pacchetto HEASoft

SWIFT-XRTDAS-INT-0005

I/F - CALDB

I task del software XRTDAS devono essere in grado di recuperare i file di calibrazione appropriati, contenuti nel database di calibrazione di HEASARC (CALDB).

SWIFT-XRTDAS-INT-0006

I/F - HEASARC

I file dati di telemetria dell'XRT, che devono essere processati mediante XRTDAS, sono inviati a SSDC da HEASARC, attraverso il Data Transfer System (DAS), pacchetto SW fornito da HEASARC. SSDC deve monitorare il trasferimento dei dati, usando il tool "DTS" di NASA.

SWIFT-XRTDAS-RSC-0001**Risorsa SW**

Il codice SW deve utilizzare esclusivamente software di tipo *open source* e deve essere scritto per la maggior parte nei linguaggi di programmazione C, Perl e FORTRAN.

SWIFT-XRTDAS-FUN-0003**Criterio di progettazione**

Il software XRTDAS deve essere progettato come un insieme di *task*, ciascuno dedicato a una singola funzione. Uno script principale, XRTDAS pipeline, deve essere sviluppato per eseguire, in sequenza, tutti i task per il processamento dei dati dell'XRT.

SWIFT-XRTDAS-INT-0007**I/F - man/machine**

Ogni task deve poter essere eseguito mediante linea di comando UNIX e quindi utilizzando un linguaggio di scripting (perl, tcl, shell).

SWIFT-XRTDAS-FUN-0004**Task del software**

Il software XRTDAS deve processare e ridurre i dati di telemetria non calibrati (Livello 1) per generare i file di dati calibrati e ripuliti (Livello 2) e, successivamente, i prodotti scientifici di alto livello (Livello 3).

Il processo di riduzione dati dell'XRT per la preparazione all'analisi scientifica, deve comprendere le seguenti fasi:

- Fase 1 - Calibrazione: processamento dei file di telemetria, in formato FITS, per produrre i file di eventi calibrati (Livello 1)
- Fase 2 - Screening dei dati: filtraggio dei file di eventi calibrati per produrre file di eventi puliti (Livello 2), adatti all'analisi scientifica
- Fase 3 - Estrazione dei prodotti: estrazione dei prodotti scientifici di alto livello (Livello 3, come curve di luce, spettri, immagini, mappe di esposizione) dai file di eventi puliti

SWIFT-XRTDAS-FUN-0005**Livello dei dati**

Le fasi del processamento devono gestire/produrre dati scientifici dei seguenti livelli:

- Livello 1 RAW: pacchetti grezzi di telemetria in formato FITS
- Livello 1 CAL: file di eventi calibrati
- Livello 2: file di eventi calibrati e puliti (screening)
- Livello 3: prodotti scientifici di alto livello (curve di luce, spettri, immagini, mappe di esposizione)

SWIFT-XRTDAS-FUN-0006**Fase 1 - Calibrazione**

Il processo di calibrazione deve comprendere almeno le seguenti attività:

- Ricostruzione dei tempi d'arrivo del fotone
- Identificazione dei *bad* pixel
- Identificazione degli *hot* pixel
- Calibrazione dell'energia del fotone
- Calcolo delle coordinate celesti e trasformazione di coordinate

SWIFT-XRTDAS-FUN-0007**Fase 1/task – Time Tagging**

A ogni evento è associato il tempo di arrivo del fotone. Questo tempo deve essere ricostruito, per i modi WT e PD dello strumento, partendo dai valori di tempo del *redout* del sensore, archiviati nella telemetria dello strumento, applicando algoritmi specifici determinati dall'elettronica del sensore.

Un task del software XRTDAS deve leggere per ogni pixel i valori di tempo di *redout* e scrivere i valori di tempo di arrivo in una colonna specifica del file di eventi di output.

SWIFT-XRTDAS-FUN-0008**Fase 1/task – Identificazione dei *bad pixel***

Un task del software XRTDAS deve identificare e contrassegnare con un flag gli eventi anomali (*bad pixel*) del sensore del telescopio. Devono essere considerati sia i *bad pixel* trasferiti al satellite, ed eliminati a bordo, sia i *bad pixel* identificati nel file di calibrazione a terra, ma non trasferiti.

Tutti i *bad pixel* devono essere inclusi nel file di eventi calibrato, output della fase 1 del processo di riduzione.

SWIFT-XRTDAS-FUN-0009**Fase 1/task – Identificazione degli *hot pixel***

Un task del software XRTDAS deve identificare e contrassegnare con un flag i pixel anomali (*hot*) del sensore del telescopio, affinché non siano considerati durante la fase 2 di screening dei dati. Devono essere considerati come *hot pixel* quelli che possono presentare uno stato di rumore instabile: se il segnale è molto più grande del livello di background, i pixel appaiono come segnali di pixel isolati.

SWIFT-XRTDAS-FUN-0010**Fase 1/task – Calibrazione dell'energia del fotone**

Il processo di calibrazione dell'energia del fotone deve comprendere almeno le seguenti attività:

- Calcolo e sottrazione del bias
- Ricostruzione dell'evento
- Assegnazione del GRADE
- Correzione del guadagno

SWIFT-XRTDAS-FUN-0011**Fase 1/task – Sottrazione del bias**

Anche in assenza di eventi (fotone o particelle) rilevati, una piccola quantità di carica è presente nel sensore a causa del rumore elettronico. Questo livello residuale (bias) deve essere sottratto dai valori della carica dei pixel al fine di stimare, con la migliore accuratezza, l'energia degli eventi.

Un task del software XRTDAS deve essere sviluppato da SSDC per stimare e sottrarre il bias. I valori del bias sottratto devono essere archiviati nel file di eventi di output.

SWIFT-XRTDAS-FUN-0012**Fase 1/task – Ricostruzione dell'evento e assegnazione Grade**

Una frazione significativa degli eventi di X-ray può avere una carica divisa tra pixel multipli. La carica totale di un evento deve essere ricostruita sommando tutti i valori individuali del blocco pixel 3x3 (pixel centrale e 8 pixel dell'intorno). Per ogni evento il pattern (o grade) di distribuzione della carica deve essere assegnato seguendo una libreria di classificazione specifica.

Un task del software XRTDAS deve essere sviluppato da SSDC per ricostruire gli eventi, calcolare la carica totale degli eventi e assegnare ad essi un pattern di distribuzione di carica. Gli output del task devono essere archiviati nel file di eventi di output.

SWIFT-XRTDAS-FUN-0013**Fase 1/task – Correzione del guadagno**

Deve essere eseguita una conversione della carica di ogni evento da unità elettroniche (“Pulse Height Amplitude”, PHA) in unità d’energia (“Pulse Invariant”, PI). La conversione tra carica di segnale ed energia del fotone deve essere dipendente dal pixel. Inoltre, deve essere considerata un’evoluzione temporale del guadagno.

Un task del software XRTDAS deve essere sviluppato da SSDC per calcolare i valori d’energia degli eventi per lo strumento XRT. I valori calcolati devono essere archiviati nel file di eventi di output.

SWIFT-XRTDAS-FUN-0014

Fase 1/task - Trasformazione di coordinate

Una conversione delle coordinate di ogni evento dal sensore dello strumento XRT alle coordinate celesti deve essere effettuata usando le informazioni di assetto del satellite. L’immagine generata deve essere una proiezione standard del piano tangente del cielo. Deve essere inoltre considerata l’informazione ottenuta da un sistema di metrologia laser (un dispositivo a bordo del satellite per monitorare l’allineamento tra il piano focale dei sensori e gli assi ottici del sistema di specchi) per calcolare una posizione accurata dell’evento.

Un task del software XRTDAS deve essere sviluppato da SSDC per calcolare le coordinate celesti degli eventi per lo strumento XRT. I valori calcolati devono essere archiviati nel file di eventi di output.

Il task deve far uso del tool “coordinator” per la conversione di coordinate sensore-coordinate celesti sviluppato presso HEASARC e distribuito nel pacchetto HEASoft.

SWIFT-XRTDAS-FUN-0015

Fase 2 – Screening dei dati

Il processo di screening deve comprendere almeno le seguenti attività:

- Generazione del file di filtro
- Calcolo dei *Good Time Intervals* (GTIs), su base di espressioni booleane
- Filtraggio dei dati del file d’evento, usando i GTIs.

SWIFT-XRTDAS-FUN-0016

Fase 2 – Screening dei dati

I task software da sviluppare per la creazione dei GTI file e il processo di screening, devono far uso dei tools multi-missione “prefilter”, “makefilter”, “maketime” e “xselect” sviluppati presso HEASARC e distribuiti nel pacchetto HEASoft.

SWIFT-XRTDAS-FUN-0017

Fase 2 – Screening criteria

I file di eventi calibrati devono essere filtrati applicando dei criteri di pulizia in base a parametri specifici d’assetto, orbitali e dello strumento. A tal fine, devono essere generati, dal file di filtro, i *Good Time Intervals* (GTI), basati su parametri d’assetto e orbitali e sui parametri HK dello strumento. Inoltre, deve essere eseguito uno screening dei dati basato sulle proprietà dell’evento (e.g il pattern della carica) per produrre i file di eventi puliti.

SWIFT-XRTDAS-FUN-0018

Fase 2 – Parametri per lo screening

I valori di default dei parametri e proprietà dell'evento devono essere i seguenti:

- Parametri dello strumento
 - CCD temperature : [-102 - -47] °C
 - Output Drain Voltage for Amp 1 : [29.8 - 30.25] V
 - Output Drain Voltage for Amp 2 : [29.3 - 29.8] V
 - Reference Voltage for Amp 1 : [16.4 - 16.8] V
 - Reference Voltage for Amp 2 : [16.45 - 16.9] V
 - Substrate Bias Voltage : [-0.1 - 0.1] V
 - Junction Bias Voltage : [-0.1 - 0.1] V
 - Baseline Voltage for Signal Chan A : [0.1 - 0.4] V
 - Baseline Voltage for Signal Chan B : [-0.1 - 0.1] V
- Parametri d'assetto
 - Elevation Angle : 30°
 - Bright Earth Angle : 120°
 - Sun Angle : 45°
 - Moon Angle : 14
 - Angular Distance : 0.08°
- Proprietà dell'evento
 - GRADE : **0 - 2** (WT), **0 - 5** (PD), **0 - 12** (PC)
 - STATUS : **STATUS==b0** (good event)

SWIFT-XRTDAS-FUN-0019

Fase 3 – Estrazione dei prodotti

Il processo di estrazione dei prodotti deve comprendere almeno le seguenti attività:

- Generazione delle mappe di esposizione, archiviando, per una data osservazione, il tempo netto di esposizione per pixel del cielo. Il processo deve far uso del tool multi-missione *imagetrans*, sviluppato presso HEASARC e distribuito nel pacchetto HEASoft.
- Generazione dei prodotti scientifici di alto livello (immagini, spettri energetici, curve di luce) usando come input il file di eventi calibrato e su cui è stato eseguito il processo di screening (Livello 2). Il processo deve far uso del tool multi-missione *xselect*, sviluppato presso HEASARC e distribuito nel pacchetto HEASoft.
- Calcolo del file ARF (OGIP-compliant Ancillary Response File) per i differenti modi previsti (PD, PC, WT) per un dato spettro e matrice di risposta, adatto al fitting dei dati spettrali; Il calcolo dei file deve tener conto del *vignetting* del telescopio e delle correzioni PSF (Point Spread Function).

SWIFT-XRTDAS-FUN-0020

I/O formato

Il software XRTDAS deve usare come dati d'ingresso e uscita, file di dati in formato FITS, secondo gli standard NASA-OGIP.

SWIFT-XRTDAS-FUN-0021**Input file**

I file di input della pipeline XRTDAS devono essere i file di telemetria (“science files” e “auxiliary files”) e i file di calibrazione.

SWIFT-XRTDAS-FUN-0022**Input file - Auxiliary files**

Gli “auxiliary files” sono in formato FITS e comprendono:

- ACS file (dati del sistema di controllo di assetto del satellite)
- Orbit file (dati dell’orbita del satellite)
- Housekeeping files
- Science filtering file

SWIFT-XRTDAS-FUN-0023**Input file - Science files**

I “science files” sono in formato FITS e comprendono:

- Photon-Counting Events File
- Windowed Timing Events File
- Photodiode Events File
- Image Mode Image File

SWIFT-XRTDAS-FUN-0024**Input file - Calibration files**

I file di calibrazione sono descritti nel documento “Description of the XRT calibration files” .

SWIFT-XRTDAS-FUN-0025**Output file**

I file di output comprendono:

- File di eventi pulito
- Housekeeping File
- Prodotti scientifici
- Log del processamento

SWIFT-XRTDAS-FUN-0026**Output file - Compatibilità**

I dati di Livello 2 e Livello 3, output della XRTDAS pipeline, devono essere compatibili con i pacchetti software per analisi dati nell’ambito dell’astronomia delle alte energie (e.g. XSELECT, XSPEC, XIMAGE, XRONOS).

SWIFT-XRTDAS-FUN-0027**Log-book**

Il software deve fornire un log dell’esecuzione di ogni task.

SWIFT-XRTDAS-FUN-0028**Log output file - Formato**

Le principali informazioni del log devono essere incluse nei file di output in formato FITS.

SWIFT-XRTDAS-FUN-0029**Log output file - Contenuti**

Il log del processamento deve contenere almeno le seguenti informazioni:

- Nome utente
- Nome del host computer
- Data del processamento
- Nome e versione del task
- I parametri richiesti dal task
- Messaggi di allerta ed errore
- Informazioni base sul processamento dei file di Livello 1
- L'indicazione dell'esito del processamento di un task (succeeded/failed)
- Informazione sui file di calibrazione di XRT usati dal task
- Parametri che influenzano il risultato del processamento.

SWIFT-XRTDAS-PRF-0001**Performance**

La velocità di esecuzione deve essere sufficiente per permettere l'uso interattivo.

SWIFT-XRTDAS-FUN-0030**Riprocessamento dati**

Il software XRTDAS deve permettere agli utenti il ri-processamento dei dati di Livello 1 e 2.

SWIFT-XRTDAS-RAM-0001**Portabilità**

Il software XRTDAS deve poter girare sulle più comuni piattaforme UNIX (e.g. Linux e Mac OS X), seguendo gli standard di programmazione degli FTOOLS e pertinenti agli standard NASA-OGIP.

SWIFT-XRTDAS-RAM-0002**Portabilità – release del SW**

Tutte le release del software devono essere testate sulle principali piattaforme UNIX supportate.

SWIFT-XRTDAS-RAM-0003**Portabilità**

La compatibilità con sistemi di analisi esistenti deve essere ottenuta adottando gli standard OGIP per i contenuti dei file FITS.

SWIFT-XRTDAS-RSC-0002**Tool X-ray multi-missione**

Il software XRTDAS deve usare i pacchetti software del tool X-ray multi-missione:

- FTOOLS – Funzioni per la manipolazione dei file di tipo OGIP, in format FITS
- XSELECT - Tool per filtrare e generare immagini, spettri, curve di luce dai file di eventi
- XSPEC - X-ray spectral analysis software
- XIMAGE - X-ray image analysis software
- XRONOS - X-ray timing analysis software
- CALDB - OGIP Calibration Database software

3.3.2 Software per la creazione del catalogo di serendipite

SWIFT-XRTSER-FUN-0001

SSDC – funzioni

SSDC è responsabile dello sviluppo, implementazione e gestione del software per la creazione dei cataloghi di serendipite degli strumenti XRT.

SWIFT-XRTSER-INT-0001

I/F

Il processo di “serendipitous survey” deve avvenire in collaborazione con l’Osservatorio Astronomico di Brera (OAB).

SWIFT-XRTSER-FUN-0002

Applicazione dei processamenti

I processamenti devono essere applicati sia ai dati dello strumento XRT che a quelli dello strumento UVOT.

SWIFT-XRTSER-FUN-0003

Risultati dei processamenti

Il risultato dei processamenti, per entrambi gli strumenti, deve essere la produzione e l’aggiornamento del catalogo delle sorgenti serendipite in tutte le osservazioni dello strumento e produzione e aggiornamento del catalogo delle sorgenti serendipite nelle osservazioni composte dalla somma delle osservazioni multiple di ciascun Gamma Ray Burst.

SWIFT-XRTSER-PRF-0001

Performance

Il processo di “serendipitous survey” deve:

- essere creato sommando i dati ottenuti da una stessa posizione nel cielo, raccolti anche durante differenti osservazioni, lungo un periodo di tempo definito (per il processamento di tipo “deep”)
- deve tener conto solo dei dati presi in “Photon counting mode”

SWIFT-XRTSER-FUN-0004

Input

I task del SW di processamento devono accettare in input una lista di osservazioni tale da definire i dati in archivio da recuperare.

SWIFT-XRTSER-FUN-0005

Accesso all’archivio

I task devono poter accedere in lettura e scrittura all’archivio di serendipite.

SWIFT-XRTSER-FUN-0006

Log

Per il processamento di ogni osservazione sarà generato un file di log.

SWIFT-XRTSER-FUN-0007

Archiviazione

I prodotti dei processamenti devono essere inseriti negli archivi di serendipite relativi.

SWIFT-XRTSER-FUN-0008

Database di serendipite

I task del SW di processamento devono interfacciarsi con i database di serendipite.

SWIFT-XRTSER-FUN-0009**Stato del processamento**

Il database di serendipite deve essere popolato durante l'esecuzione dei task con messaggi che segnalino lo stato del processamento e lo stato di uscita.

SWIFT-XRTSER-SEC-0001**Sicurezza**

L'archivio di serendipite deve essere protetto da sovrascritture accidentali.

SWIFT-XRTSER-OPR-0001**Esecuzione task**

I task devono essere lanciati come file eseguibile da riga di comando.

SWIFT-XRTSER-OPR-0002

L'utente deve poter specificare l'archivio ove risiedono le osservazioni indicate nella lista di osservazioni.

SWIFT-XRTSER-OPR-0003

L'utente deve essere in grado di gestire la sovrascrittura dell'archivio di serendipite.

SWIFT-XRTSER-OPR-0004

L'utente deve poter decidere se rimuovere le directory temporanee prodotte dal processamento.

SWIFT-XRTSER-OPR-0005

L'utente deve poter specificare una directory di uscita per i prodotti dei task.

SWIFT-XRTSER-FUN-0010**Cross-correlazione**

In SSDC deve essere eseguito un processo di cross-correlazione della posizione determinata dalla pipeline per le serendipite, considerando cataloghi noti in differenti lunghezze d'onda.

SWIFT-XRTSER-FUN-0011**Output cross-correlazione**

I risultati del processo di cross-correlazione devono essere registrati in una tabella.

SWIFT-XRTSER-FUN-0012**Interfaccia web**

SSDC deve realizzare un'interfaccia web per il monitoring e visualizzazione dei risultati dei processamenti.

4 Disegno Architeturale

4.1 Schema logico

Lo schema logico dell'infrastruttura informatica di SSDC dedicata alla missione SWIFT è rappresentato in Figura 4-1 .

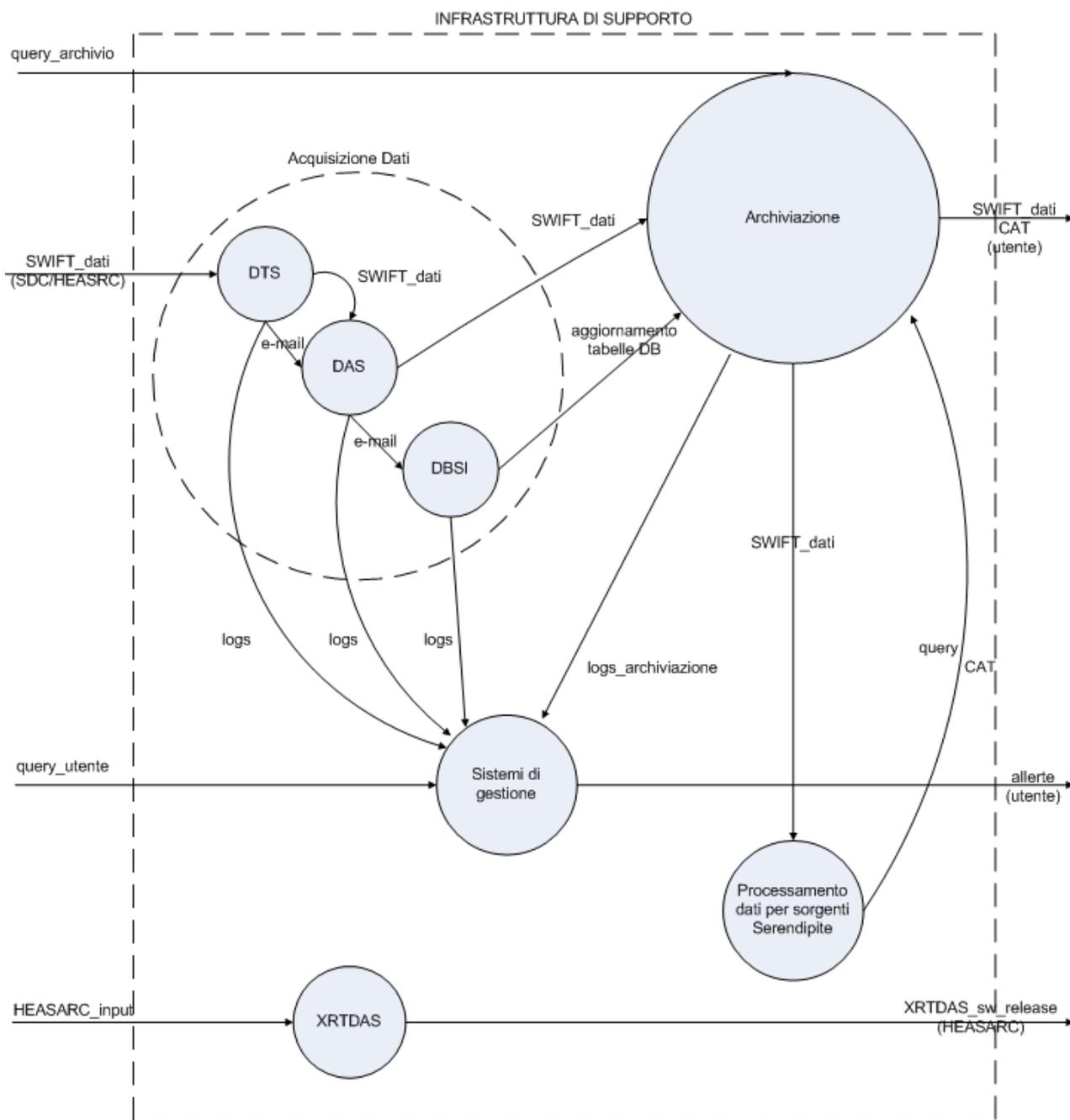


Figura 4-1: SWIFT - Schema logico

4.2 *Acquisizione e archiviazione dati*

I dati scientifici degli strumenti di SWIFT sono inviati a SSDC da SDC/HEASARC, attraverso il Data Transfer System (DTS), un pacchetto sw sviluppato e fornito da HEASARC. Il sistema DTS permette la ricezione dei dati scientifici della missione SWIFT e l'aggiornamento dell'archivio presente in SSDC.

Il sistema DTS è così composto:

- *Data Transfer System (DTS)* – protocollo di trasferimento usato nel progetto Swift per il trasferimento dei dati scientifici tra i centri dati della missione;
- *Data Archive System (DAS)* – sistema che si occupa di trasferire i dati dall'area di sosta del DTS alla destinazione finale nell'archivio in SSDC;
- *Database System Ingest (DBSI)* – si occupa dell'aggiornamento delle tabelle del database di gestione dei dati

Il sistema DTS gira totalmente in automatico, generando e-mail per il trigger dell'attività successiva (i.e. il DTS invia una e-mail per far partire il DAS che a sua volta invia una email per far partire il DBSI). Il sistema inoltre invia, via e-mail, i *logs* di tutti i trasferimenti effettuati e/o eventuali malfunzionamenti.

Una volta archiviati i dati nel database di missione, si avvia, in automatico, il sistema di allineamento del database dell'Archivio Multimissione, ospitato nel sito Web SSDC, per la distribuzione e l'analisi interattiva. I dati, resi disponibili non appena processati, sono così organizzati:

- *TDRSS*: messaggi TDRSS e dati GRB disponibili su scala temporale di secondi/minuti;
- *QuickLook*: dati di tutti i livelli (L0—L3) su base temporale di ore/giorno;
- *Observation*: dati di tutti i livelli (L0—L3) su base temporale di un'osservazione (dell'ordine della settimana). Tale archivio include anche tutti i dati disponibili nell'archivio di QuickLook e TDRSS;
- *Trend*: dati d'informazioni di monitoring di specifici parametri degli strumenti.

4.3 Software scientifico XRTDAS

Il software XRTDAS per l'analisi dati dello strumento XRT è sviluppato, mantenuto e aggiornato da SSDC in collaborazione con HEASARC; le specifiche e una guida del software sono consultabili, rispettivamente, nel '*Swift Software Specification Document for the XRT Data Reduction Software*' e nel '*SWIFT XRT Data Reduction Guide*'.

XRTDAS consiste in una pipeline di processamento che integra dei moduli, detti *tasks*, che compiono le operazioni necessarie per passare dai dati di livello 1 (*raw data*) a quelli di livello 2 (dati ripuliti e calibrati) e di livello 3 (prodotti scientifici: curve di luce, spettri, immagini delle sorgenti rivelate).

Il lavoro di aggiornamento del sw prevede una continua attività di modifica, validazione e verifica dei *tasks* già sviluppati e operativi. Lo sviluppo di nuovi *tasks* e/o le modifiche a quelli già esistenti nascono da precise esigenze scientifiche ed emergono dai *collaboration meetings* della comunità Swift.

Una volta modificato in SSDC, il pacchetto software XRTDAS è inviato alla NASA-GSFC per essere integrato sia nella pipeline ufficiale di processamento dei tre strumenti di Swift, sia nel pacchetto HEASoft, distribuito alla comunità scientifica per l'elaborazione dei dati di astronomia ad alte energie.

Il software XRTDAS processa la telemetria in formato FITS e genera i prodotti scientifici di alto livello

Il diagramma di flusso della pipeline di processamento dati è riportato nel Figura 4-2.

Nella parte destra della figura sono elencati i principali task del software XRTDAS, diviso per le tre fasi di processamento:

- **Fase 1** – Processamento del file di eventi
 - **Input:**
 - File di eventi con i dati di telemetria non calibrati, in formato FITS (Livello 1)
 - File dei dati hosekeeping filtrati, in formato FITS, con i dati di assetto e orbitali e i dati HK rilevanti per l'osservazione
 - **Output:** file di eventi con i dati calibrati (Livello 1)
- **Fase 2** – Screening dei dati
 - **Input:** file con il GTI (Good Time Intervals) basato sui dati HK, i dati di qualità
 - **Output:** file di eventi con i dati calibrati e puliti (Livello 2)
- **Fase 3** – Estrazione dei prodotti standard
 - **Input:**
 - File di eventi con i dati calibrati e puliti (Livello 2)
 - Dati di calibrazione dello strumento
 - **Output:** file di dati di Livello 3 con i dati scientifici output dell'analisi standard come spettri, immagini, curve di luce.

Le funzioni dei task del SW sono descritte nelle sezioni successive.

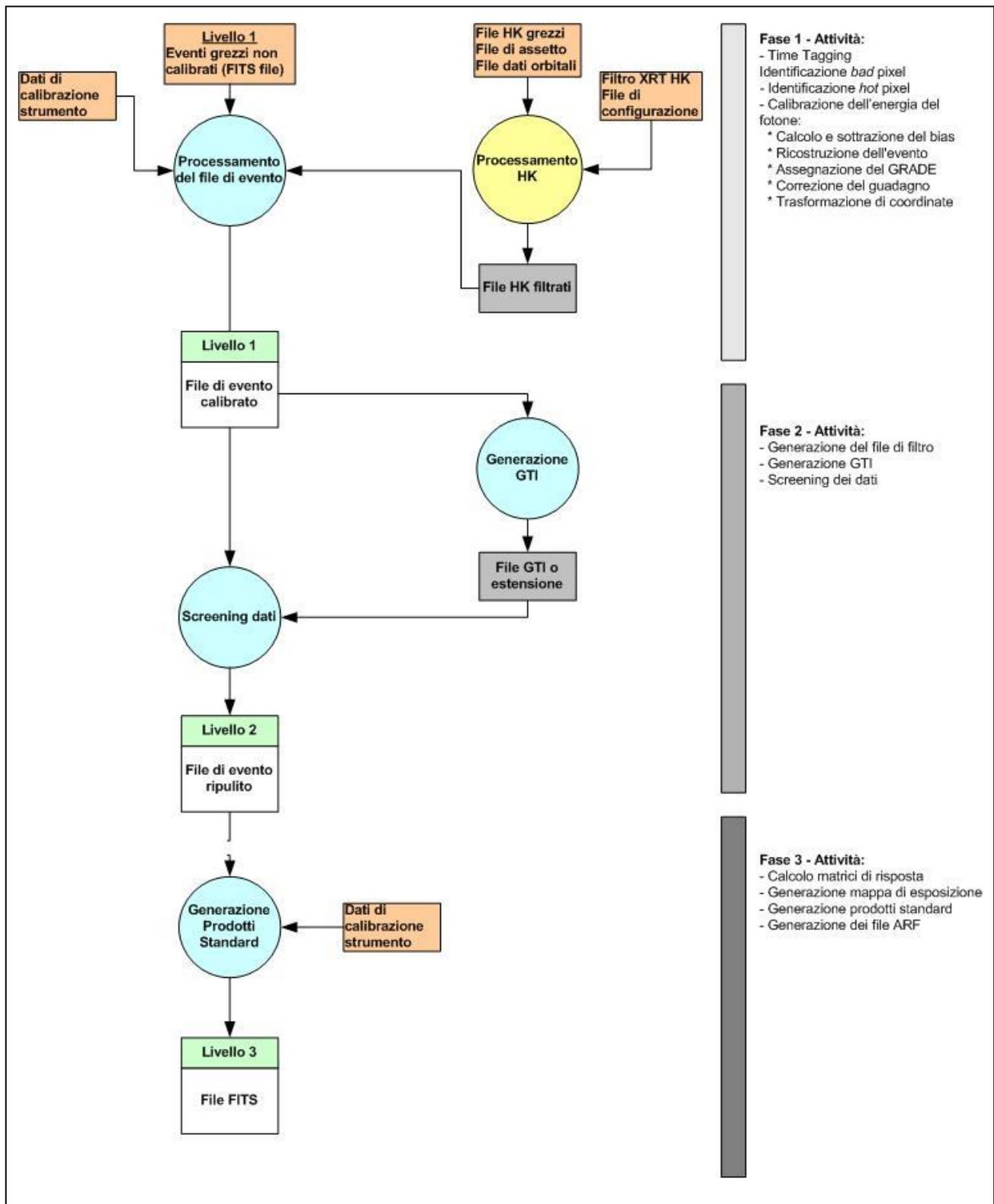


Figura 4-2: Diagramma di flusso del processamento dati del telescopio XRT

4.3.1 Fase 1 – Processamento del file di eventi

4.3.1.1 Identificazione dei bad pixel

Il task del software XRTDAS legge in input tre file di input differenti che identificano i bad pixel:

Il file di calibrazione Bad Pixel, a terra, che include le informazioni aggiornate sui bad pixel noti

Il file di calibrazione Bad Pixel, a bordo, che include la lista dei bad pixel contrassegnati a bordo

Un file con lo stesso formato dei file di calibrazione Bad Pixel, con la lista dei bad pixel

La descrizione dei file di calibrazione Bad Pixel è presente nel documento “Description of the XRT calibration files”. In particolare, i file contengono una colonna “TIME” che archivia il tempo in cui il pixel è considerato come *bad* per la prima volta.

I bad pixel sono archiviati in un'estensione del file di eventi di output della fase 1. L'estensione contiene le informazioni sulla posizione (RAW coordinates) e una colonna (“BADFLAG”), con formato numerico binario a 16 bit, che indica il tipo di bad pixel.

Un termine chiave e specifico viene aggiunto all'intestazione del file output di evento per indicare che è stato processato dal task per l'identificazione del bad pixel.

4.3.1.2 Identificazione degli hot pixel

Il task del software XRTDAS ricerca, identifica e contrassegna con un flag gli hot pixel del sensore del telescopio XRT.

Il task ricerca i pixel anomali eseguendo test statistici sui conteggi dell'immagine del sensore. In dettaglio, gli eventi, contenuti nel file input dell'evento, sono in principio immagazzinati in una immagine e i possibili hot pixel sono identificati comparando i conteggi in ogni pixel ai conteggi principali nell'immagine. In seguito, per ogni pixel, viene calcolata la probabilità che i suoi count siano una fluttuazione di Poisson del background; se la probabilità è più bassa di un limite stabilito, il pixel sarà considerato come un possibile hot pixel. Tutti gli hot pixel candidati sono comparati ai pixel che li circondano, contenuti in una cella quadrata dell'ordine del Point Spread Function (PSF) del telescopio, per riconoscere un hot pixel da un pixel della sorgente X-ray. Il task esegue anche il monitoraggio della variazione di tutti i count pixel mediante una funzione del tempo per distinguere i pixel *flickering* dagli hot pixel.

Tutti i pixel classificati come anomali sono contrassegnati con un flag nella colonna “STATUS” del file di eventi, come un numero binario di 16.bit, e archiviati in un'estensione specifica del file di eventi.

4.3.1.3 Calibrazione dell'energia del fotone

4.3.1.3.1 Sottrazione del bias

Il task del software XRTDAS calcola e sottrae il bias dello strumento XRT. In dettaglio, il task stima il valore del bias residuo presente nei dati calcolando la media della carica dei “corner” pixel per gli eventi di GRADE 0. I valori del bias sottratto della matrice quadrata 3x3 del pixel sono archiviati nella colonna (“PHAS”) del file di eventi di output.

4.3.1.3.2 Ricostruzione dell'evento e assegnazione del Grade

Il task del software XRTDAS ha in carico la ricostruzione degli eventi, il calcolo della carica totale degli eventi e l'assegnazione a essi di un pattern di distribuzione di carica.

In dettaglio, il task legge i nove elementi della colonna "PHAS" del file di eventi in input, calcola un valore singolo di carica per ogni evento e scrive il risultato in una colonna denominata "PHA". Il valore PHA è calcolato sommando tutti i pixel con valori superiori al limite di divisione, come archiviato in un file specifico della libreria CALDB. Il numero di pixel superiori al limite di divisione è archiviato nella colonna denominata "PixsAbove". In seguito, seguendo la definizione di pattern contenuta in un file CALDB specifico, il task assegna a ogni evento un valore grade e lo archivia in una nuova colonna ("GRADE") del file di output.

4.3.1.3.3 Correzione del guadagno

Il task del software XRTDAS ha in carico la correzione del guadagno per lo strumento XRT, eseguendo una conversione da PHA in PI i valori d'energia degli eventi. In dettaglio, il task legge la colonna "PHA" del file di eventi in input e i valori del guadagno dipendenti dal pixel e dal tempo, archiviati in un file specifico CALDB. Successivamente, per ogni evento il task calcola l'energia in unità fisiche e archivia i valori in una nuova colonna "PI" del file di eventi in output.

4.3.1.4 Trasformazione di coordinate

Il task del software XRTDAS ha in carico il calcolo delle coordinate celesti degli eventi per poter eseguire la trasformazione di coordinate di ogni evento dal sensore dello strumento XRT alle coordinate fisiche celesti. Il task comprende i seguenti passi:

- Lettura delle colonne "RAWX" e "RAWY" del file di eventi in input.
- Trasformazione delle coordinate RAW in un nuovo sistema di coordinate non dipendente dall'amplificatore di uscita
- Calcolo delle coordinate celesti, usando le informazioni dal file d'assetto del satellite, e archiviazione dei valori calcolati in due nuove colonne ("X" e "Y") mediante un modulo software ("coordinator"), non dipendente dal tipo di missione, sviluppato presso HEASARC e distribuito nel pacchetto HEASoft.

4.3.2 Fase 2 – Screening dei dati e generazione del file GTI

4.3.2.1 Generazione del file di filtro

Il task del software XRTDAS legge in input i file, in formato FITS, di housekeeping, di assetto e orbitali del satellite Swift e genera un file di filtro raggruppando tutte le informazioni. Il task fa uso del tool multi-missione (“prefilter” e “makefilter”) sviluppato presso HEASARC e distribuito nel pacchetto HEASoft.

4.3.2.2 Screening dei dati

Il processo di screening comprende i seguenti task:

- generare un GTI (Good Time Intervals) file basato su parametri d’assetto, orbitali e di HK dello strumento,
- effettuare lo screening dei dati usando i file GTI generati
- effettuare lo screening degli eventi usando una selezione delle loro proprietà (e.g. valori delle colonne “STATUS” e “GRADE”).

Per la creazione dei file GTI e il processo di screening, il task fa uso dei tool multi-missione *maketime* and *xselect*, entrambi sviluppati in HEASARC.

4.3.3 Fase 3 – Estrazione dei prodotti standard

4.3.3.1 Generazione della mappa di esposizione

Il task del software XRTDAS genera le mappe di esposizione per un’osservazione data. In dettaglio, il task crea inizialmente una mappa dello strumento in coordinate grezze (“RAW” system) dove bad e hot pixel sono contrassegnati. In seguito, il task trasforma l’immagine in coordinate “RAW” in un’immagine nel sistema “SKY”, seguendo la stessa procedura applicata per la trasformazione di coordinate del file di eventi (si veda il Par. 4.3.1.4). In particolare, per trasformare le mappe dello strumento da coordinate “DET” a “SKY”, il task fa uso del tool multi-missione *imagetrans*.

4.3.3.2 Estrazione dei prodotti di dati

Il task del software XRTDAS estrae i prodotti dei dati scientifici di alto livello (spettri, curve di luce, immagini) usando come input il file di eventi calibrato e sottoposto al processo di screening.

In dettaglio, il task estrae immagini, curve di luce e spettri, facendo uso del tool HEASoft multimissione *xselect* che può essere configurato per ogni nuova missione o strumento, che non richieda routine specifiche di missione, semplicemente editando il file database di missione.

4.3.3.3 Generazione dei file ARF

Il task del software XRTDAS produce ARF file (OGIP-compliant Ancillary Response File), adatto al fitting di dati spettrali. In dettaglio, il task calcola i file ARF, che contengono l’area effettiva dello strumento come una funzione dell’energia, dal file di risposta nominale sull’asse nel database di calibrazione considerando il *vignetting* del telescopio e le correzioni Point Spread Function (PSF). Queste correzioni dipendono dalla posizione della sorgente nel sensore dello strumento, dalla regione di spazio usata per estrarre il suo spettro di energia e le imperfezioni del sensore (e.g. bad pixel) all’interno delle regioni di estrazione.

4.4 Software per la creazione del catalogo di serendipite

Parallelamente alla release ufficiale del sw XRTDAS e al *mirroring* dei dati, SSDC sviluppa, in proprio, il software di processamento e l'analisi di tutti i campi del telescopio XRT, allo scopo di produrre il catalogo delle sorgenti XRT. Tale processamento ("XRT Serendipitous Survey") prevede l'implementazione di un software di rilevamento di sorgenti in campi singoli e campi deep.

I processamenti sono applicati sia ai dati dello strumento XRT che a quelli dello strumento UVOT. Il risultato è la produzione e aggiornamento del catalogo delle sorgenti serendipite in tutte le osservazioni dello strumento (catalogo XRTSRC) e produzione e aggiornamento del catalogo delle sorgenti serendipite nelle osservazioni composte dalla somma delle osservazioni multiple di ciascun Gamma Ray Burst, osservato dallo strumento per almeno 10 ksec (es. catalogo XRTDEEP).

Il software per la creazione del catalogo di serendipite è stato sviluppato presso SSDC e consiste in:

- Un'interfaccia web sviluppata ad-hoc per uso interno a SSDC con le seguenti funzionalità:
 - Selezione delle osservazioni dal DB Browse per il recupero dei dati intorno ad una sorgente. La *query*, al DB, deve recuperare tutte le osservazioni su un determinato target identificato dalle coordinate astronomiche ascensione retta (Ra) e declinazione (Dec)
 - Monitoring e visualizzazione dei risultati dei processamenti per la creazione del catalogo di serendipite
- Una pipeline con i seguenti task:
 - Riduzione dei dati per ogni osservazione della lista di osservazioni, output del processo di selezione dati. Il task accede all'archivio dati di Swift per ottenere in input i file di eventi, in formato FITS, e archivia i file ridotti nell'archivio dati delle serendipite.
 - Esecuzione sui dati ridotti di un algoritmo di somma dei dati (per il processamento di tipo *deep*). Il task archivia i file di output nell'archivio dati delle serendipite relativo ai campi *deep* (XRTDEEP)
 - Calcolo della *exposure map* e *source detection*. Il task archivia i file di output nell'archivio dati serendipite.
 - Aggiornamento delle tabelle del DB Browse relative alle osservazioni processate. Su tali tabelle, manualmente, viene eseguito il processo di cross-correlazione della posizione determinata dalla pipeline per le serendipite, considerando cataloghi noti in differenti lunghezze d'onda.

La pipeline è eseguita manualmente mediante linea di comando. Per ogni processamento è generato un file di *log*, archiviato nell'archivio dati delle serendipite.

In Figura 4-3 è descritto il diagramma di flusso del software applicativo per la creazione del catalogo di serendipite.

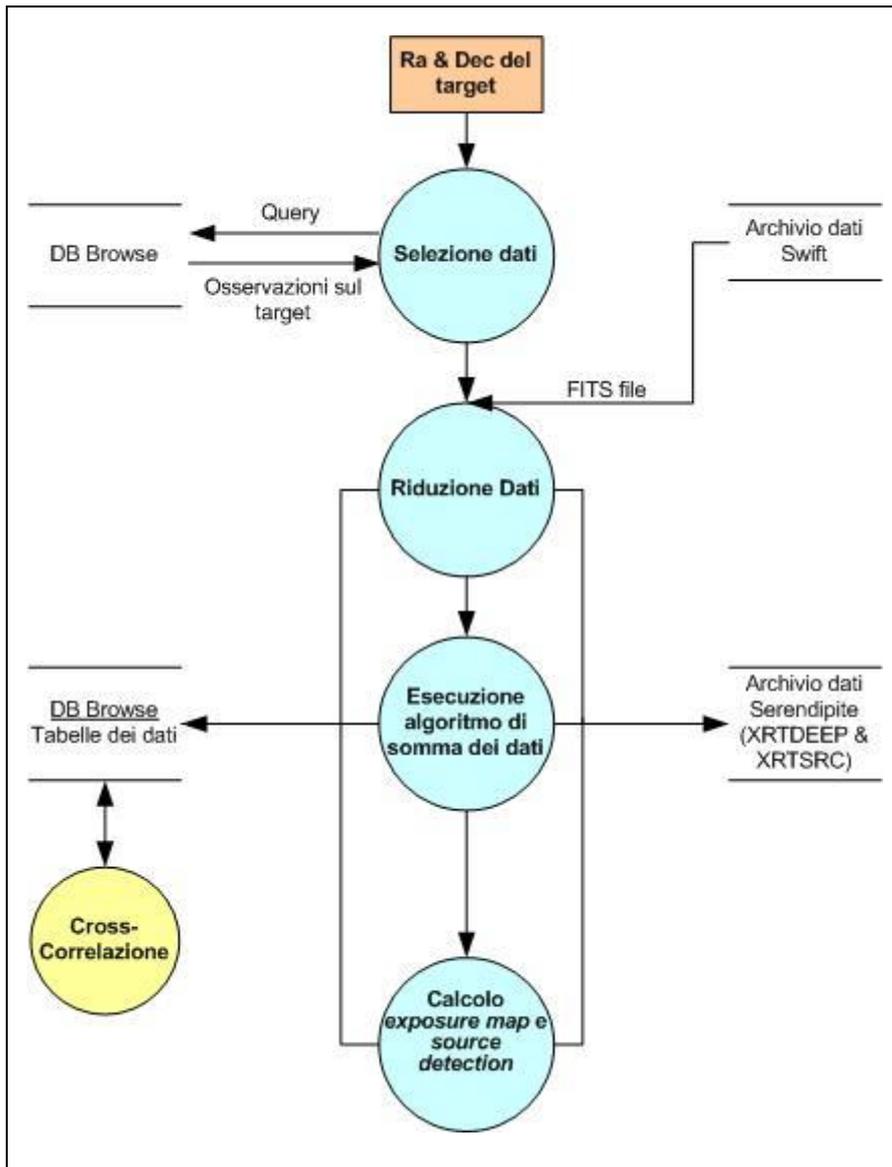


Figura 4-3: Diagramma di flusso del processo per la creazione del catalogo di serendipite